

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-146584

(43)Date of publication of application : 28.05.1999

(51)Int.Cl. H02K 1/27
H02K 1/22
H02K 21/16

(21)Application number : 10-249231

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 03.09.1998

(72)Inventor : MURAKAMI HIROSHI
HONDA YUKIO
YOKOTE SHIZUKA
ASANO YOSHINARI
WADA YUKITOSHI
HIROSE HIDEO
MATSUSHITA YASUAKI

(30)Priority

Priority number : 09242940

Priority date : 08.09.1997

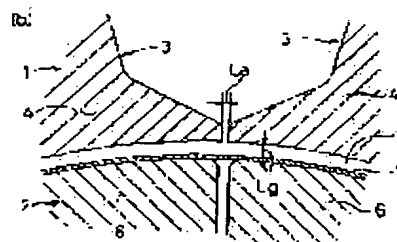
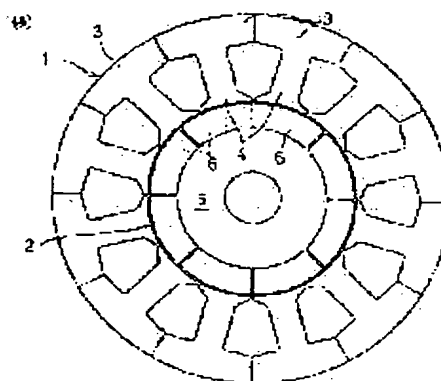
Priority country : JP

(54) SYNCHRONOUS MOTOR WITH PERMANENT MAGNET

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a synchronous motor having permanent magnets for improving the strength against demagnetization, while adopting a concentrated winding method.

SOLUTION: In a synchronous motor having a stator with a concentrated winding method, the outer periphery of both the end portions of a permanent magnet 6 is inserted into the inner side in radial direction from the outer periphery of a rotor 2 by taking a means such as forming a cut and removed portion 11 on its outer periphery at the both the end portions in peripheral direction of a permanent magnet 6 arranged at the outer periphery of the rotor 2, by which the strength against demagnetization of the permanent magnet 6 can be improved by reducing the effect of the demagnetization upon the permanent magnet 6, even if the demagnetization occurs from the end of neighboring teeth 4 of the stator 1 to the side of the rotor 2, in a state where the magnetic poles of the coil and rotor are opposite to each other.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-146584

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月28日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	F I
H02K 1/27	501	H02K 1/27
1/22		501 M
21/16		501 A
		1/22 A
		21/16 M

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全13頁)

(21) 出願番号 特願平10-249231

(22) 出願日 平成10年(1998) 9月3日

(31) 優先権主張番号 特願平9-242940

(32) 優先日 平9(1997) 9月8日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 村上 浩

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 本田 幸夫

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 横手 静

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 石原 勝

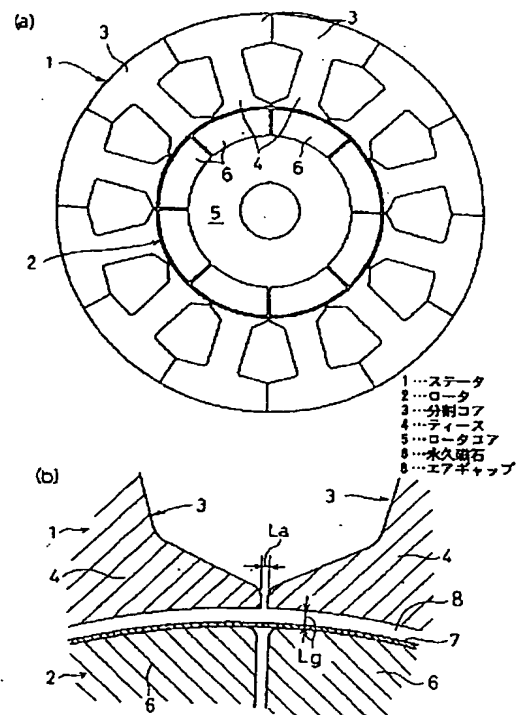
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 永久磁石同期電動機

(57) 【要約】

【課題】 集中巻方式を採用しながら、ロータ磁石の減磁耐力の向上を図った永久磁石同期電動機を提供する。

【解決手段】 集中巻方式のステータ1を有する永久磁石同期電動機において、ロータ2外周部に配設された永久磁石6の周方向両端部において、その外周に切除部11を形成する等の手段を講じて、永久磁石6の両端部外周をロータ2外周より径方向内側に入り込ませ、コイルとロータの磁極が対向するような状態になった状態でステータ1の隣接するティース4端部間からロータ2側に向けて減磁界が発生しても、その減磁界が永久磁石6に対して作用し難くし、永久磁石6の減磁耐力の向上を図った。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 集中巻方式のステータを有する永久磁石同期電動機において、ロータ外周部に配設された永久磁石の周方向両端部における外周を、ロータ外周より径方向内側に入り込んだ凹入形状に形成したことを特徴とする永久磁石同期電動機。

【請求項2】 凹入形状部分のロータ中心からの開き角を A_m 、ステータのティースの開き角を A_s として、

$(1/10)A_s < A_m < (1/4)A_s$ としたことを特徴とする請求項1記載の永久磁石同期電動機。

【請求項3】 永久磁石のロータ径方向内側面を平面とし、永久磁石の周方向中央部の厚さを大きくしたことを特徴とする請求項1記載の永久磁石同期電動機。

【請求項4】 ロータはロータコアの外周に永久磁石を取付けた表面取付型で、永久磁石の周方向両端部を切除した切除部にて凹入形状部が形成されていることを特徴とする請求項1記載の永久磁石同期電動機。

【請求項5】 ロータはロータコアの外周部に永久磁石を埋め込んだ埋め込み型で、ロータコアにおける永久磁石の周方向両端部に対応する外周部に切欠部を形成したことを特徴とする請求項1記載の永久磁石同期電動機。

【請求項6】 ロータはロータコアの外周部に永久磁石を埋め込んだ埋め込み型で、ロータコアにおける永久磁石の周方向両端部に対応する外周部にスリットを形成したことを特徴とする請求項1記載の永久磁石同期電動機。

【請求項7】 集中巻方式のステータを有する永久磁石同期電動機において、ロータは曲率中心がロータの径方向外側に位置する逆円弧形状の永久磁石をロータコアの外周部に埋め込んだ埋め込み型で、永久磁石のロータ外周に臨む端部はロータ外径より径方向内側に位置するとともにロータコアのこの端部に対応する部分に切欠部を形成したことを特徴とする永久磁石同期電動機。

【請求項8】 集中巻方式のステータを有する永久磁石同期電動機において、ロータは曲率中心がロータの径方向外側に位置する逆円弧形状の永久磁石をロータコアの外周部に埋め込んだ埋め込み型で、永久磁石のロータ外周に臨む端部はロータ外径より径方向内側に位置するとともにロータコアのこの端部に対応する部分にスリットを形成したことを特徴とする永久磁石同期電動機。

【請求項9】 永久磁石の端部とロータコア外周径との間の距離を Q 、ステータとロータの間のエアギャップを L_g として、 $L_g < Q < 3L_g$ としたことを特徴とする請求項7又は8記載の永久磁石同期電動機。

【請求項10】 切欠部又はスリットの1つの永久磁石の端部に対応する部分の幅のロータ中心からの開き角を A_m 、ステータのティースの開き角を A_s として、 $(1/10)A_s < A_m < (1/4)A_s$ としたことを特徴とする請求項7又は8記載の永久磁石同期電動機。

【請求項11】 集中巻方式のステータを有する永久磁

石同期電動機において、ロータは中央部がロータ中心側に突出し両端部がロータ外周に接近する位置まで延びる複数層の帯状の永久磁石を埋め込んだ埋め込み型で、ロータの外周側に埋め込まれた永久磁石からその内周側に埋め込まれた永久磁石に向かうにしたがって、順次その幅が減少するように各永久磁石を構成したことを特徴とする永久磁石同期電動機。

【請求項12】 2層の帯状の永久磁石がロータに埋め込まれ、外周側の永久磁石の幅を L_1 、内周側の永久磁石の幅を L_2 として、 $L_1 / (L_1 + L_2)$ が0.55～0.75の範囲にある請求項11記載の永久磁石同期電動機。

【請求項13】 永久磁石が逆円弧形状のものである請求項11又は12記載の永久磁石同期電動機。

【請求項14】 センサレスで駆動するように構成されていることを特徴とする請求項1～13の何れかに記載の永久磁石同期電動機。

【請求項15】 請求項1～14の何れかに記載の永久磁石同期電動機にて駆動されるように構成されたエアコンや電気冷蔵庫用のコンプレッサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、界磁用の永久磁石をロータに備えている永久磁石同期電動機に関し、特に集中巻方式のステータを有する永久磁石同期電動機に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、高出力の永久磁石同期電動機においては、ステータのティース数を多くして分布巻方式とすることによって合成起磁力波形を正弦波に近づけ、またロータの永久磁石には磁束密度が高く、減磁耐力の大きい希土類磁石を用い、さらにロータの回転位相をセンサにて検出してそのロータ位置に応じて電流位相制御を行うように構成されている。

【0003】しかしながら、分布巻方式では巻線工程が複雑であるために巻線効率が低く、また希土類磁石は高価で、回転位相を検出するセンサも高価であるため、コスト高になるという問題がある。

【0004】そこで、低価格の永久磁石同期電動機として、図19(a)に示すように、ステータ21を各ティース毎に分割した分割コア22(図19(b)参照)にて構成し、各分割コア22のティース26に絶縁紙28を巻付け、その上にコイル線を巻回して集中巻きのコイル23を構成し、これら集中巻きをした分割コア22を環状に組合せ、溶接、かしめ、レーザ溶接などで固着して集中巻きしたステータ21を構成し、ロータ24の永久磁石25には安価なフェライト磁石を用い、電流位相制御は駆動電流を流さない中立コイルに発生する誘導電圧のゼロクロス点を検出して120°通電矩形波制御を行うようなものが考えられた。

【0005】このような永久磁石同期電動機においては、等間隔に配置した $3n$ 個（ n 個は自然数）のステータ21のティースを3相Y接続しており、このステータ21に対向させて $2n$ の極の永久磁石界磁を配置している。このように集中巻方式の n 極永久磁石同期電動機は $3n$ 個のティースに対して $2n$ 極の永久磁石界磁を配することが好適である。

【0006】図19の例では、ロータ24の極数は8極（ $2n$ 、 $n=4$ ）、ステータのティース数は12（ $3n$ 、 $n=4$ ）とされ、各ティースに順次 u_1 、 v_1 、 w_1 、 u_2 、 v_2 、 w_2 、 u_3 、 v_3 、 w_3 の coils が巻回されている。そして、各コイルが図20（a）のようにU相、V相、W相に直列に、または図20（b）に示すように並列に接続されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、一般の永久磁石同期電動機においては、ティース間での漏洩磁束を少なくするため、図21に示すように、ティース26、26間の間隔を L_a 、ステータ21とロータ24間のエアギャップを L_g として、 $L_a > \text{略} 2L_g$ に設定されており、またロータ24の永久磁石25は周方向両端まで一様な厚さでその端面が近接して対向されているが、上記のような低価格な構成の永久磁石同期電動機において同様に構成すると、以下のような理由によって永久磁石の局部減磁が発生して、所要のモータ出力が得られなくなるという問題のあることが判明した。

【0008】すなわち、集中巻方式であるために隣接するティースが異極となってインダクタンスが大きくなり、減磁界がロータにかかり易くなる。特にセンサレス駆動を行っている場合、起動時や脱調時には減磁界がロータの永久磁石にかかり易くなる。すなわち、図22に示すように、ステータコイル23による発生磁極とロータ24の永久磁石25の磁極が対向するような状態が発生し、コイル23による発生磁界の一部が永久磁石25に対する減磁界27として永久磁石25側に入り込み、特に永久磁石25がフェライト磁石の場合には減磁界27によって降伏状態となってしまう、減磁することになる。

【0009】従来から集中巻方式の電動機は多数あるが、ティース間隔が非常に狭く、隣合うティースの極性が逆になった場合には、永久磁石に減磁界がかかり易く、フェライトのような保磁力の小さい永久磁石を使用すると減磁耐力が弱くなる。特に、センサレス駆動を行う場合には起動時や脱調時に逆磁界がかかる可能性が高く、簡単に減磁してしまうという問題があった。

【0010】本発明は、上記従来の問題点に鑑み、集中巻方式を採用しながら、ロータにおける永久磁石の減磁耐力を向上させた永久磁石同期電動機を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の永久磁石同期電動機は、集中巻方式のステータを有する永久磁石同期電動機において、ロータ外周部に配設された永久磁石の周方向両端部における外周を、ロータ外周より径方向内側に入り込んだ凹入形状に形成したものであり、永久磁石の両端部外周がロータ外周より径方向内側に入り込んでいるので、コイルとロータの磁極が対向するような状態になった場合にステータの隣接するティース端部間からロータ側に向けて減磁界が発生しても、その減磁界が永久磁石を通らないようにできて減磁界が作用し難くなり、ロータ磁石の減磁耐力の向上を図ることができる。

【0012】上記凹入形状部分のロータ中心からの開き角を A_m 、ステータのティースの開き角を A_s として、 A_m を $(1/10)A_s$ より大きくすることで上記効果を発揮でき、また A_m を $(1/4)A_s$ より小さくすることにより永久磁石の発生磁束が利用率低下でモータ出力が低下したり、コギングトルクが大きくなったりするのを抑制できる。

【0013】また、永久磁石のロータ径方向内側面を平面とし、永久磁石の周方向中央部の厚さを大きくすることにより、永久磁石の中央部の減磁耐力をさらに向上することができる。

【0014】また、ロータがロータコアの外周に永久磁石を取付けた表面取付型の場合、永久磁石の周方向両端部を切除した切除部にて凹入形状部を形成することにより、減磁耐力が大きく、かつモータ出力が低下せず、コギングトルクを抑制できる構成を簡単な加工で実現することができる。

【0015】また、ロータがロータコアの外周部に永久磁石を埋め込んだ埋め込み型の場合、ロータコアにおける永久磁石の周方向両端部に対応する外周部に切欠部やスリットを形成することにより、漏れ磁束が強磁性体から成るロータコアの凹入形状部に対応する部分を通して短絡されるのをこれら切欠部やスリットにて防止してモータ効率の低下を確実に防止できる。

【0016】また、ロータが曲率中心がロータの径方向外側に位置する逆円弧形状の永久磁石をロータコアの外周部に埋め込んだ埋め込み型の場合においても、永久磁石のロータ外周に臨む端部をロータ外径より径方向内側に位置させるとともにロータコアのこの端部に対応する部分に切欠部又はスリットを形成することにより、上記と同様の効果が発揮される。

【0017】その際、永久磁石の端部とロータコア外周径との間の距離を Q 、ステータとロータの間のエアギャップを L_g として、 Q を L_g より大きくすることにより上記効果が確実に得られ、 Q を $3L_g$ より小さくすることにより、永久磁石による磁界が弱くなってモータ出力が低下したり、磁界の急変によりコギングトルクが大きくなるのを防止できる。また、切欠部又はスリットの1つの永久磁石の端部に対応する部分の幅のロータ中心か

らの開き角を A_m 、ステータのティースの開き角を A_s として、 A_m を $(1/10)A_s$ より大きくすることにより上記効果が確実に得られ、 A_m を $(1/4)A_s$ より小さくすることによりモータ出力が低下したり、コギングトルクが大きくなったりするのを防止できる。

【0018】また、センサレス駆動の電動機に適用すると、一般にセンサレス駆動の場合は減磁し易いので、特に大きな効果を発揮する。また、以上の永久磁石同期電動機をエアコンや電気冷蔵庫用のコンプレッサの駆動モータに適用することにより、それらの低コスト化を図れて特に大きな効果が得られる。

【0019】

【発明の実施の形態】（第1の実施形態）以下、本発明の第1の実施形態について、図1、図2を参照して説明する。

【0020】図1において、1はステータ、2はロータであり、ステータ1はスロット数に対応する数の分割コア3にて構成され、各分割コア3のティース4にコイル（図示せず）が各々独立して巻回され、集中巻方式が採用されている。ロータ2は珪素鋼板を積層して成るロータコア5の外周に複数のフェライト磁石から成る永久磁石6を固着して構成され、その軸芯部に貫通固着された回転軸（図示せず）が軸受にて回転自在に支持されている。ロータ2の外周には、ステンレス製の薄板円筒7が外嵌され、又は補強テープが巻回されて遠心力に対して必要な強度が確保されている。

【0021】図示例では極対数 n が4であり、ロータ2には8つ（ $2n$ ）の永久磁石6が配設され、ステータ1は12個（ $3n$ ）の分割コア3にて構成されている。ステータ1のコイルに対する電流制御は、駆動電流を流さない中立コイルに発生する誘導電圧のゼロクロス点を検出して120°通電矩形波制御を行うように構成されている。

【0022】そして、図1(b)に示すように、ステータ1のティース4、4間の間隔を L_a 、ステータ1とロータ2間のエアギャップ8の大きさを L_g として、 $0.3L_g < L_a \leq 2.0L_g$ に設定されている。好適な具体数値例を示すと、 L_g が0.4~0.6mmに設定されるのに対して、 L_a は0.4~0.3mmに設定されている。

【0023】以上の構成において、隣接するティース4、4の端部間の間隔 L_a をエアギャップ8の大きさ L_g の2.0倍以下にしているため、漏れ磁束が隣接するティース4側に流れてロータ2側に流れるのを抑制でき、ステータ1のコイルとロータ2の磁極が対向するような状態になった場合でもロータ2の永久磁石6に対して減磁界が作用し難くなり、ロータ2における永久磁石6の減磁耐力の向上を図ることができる。

【0024】図2に、 L_a/L_g と減磁率との関係を示す。従来は L_a/L_g が2より大きく設定されており、

その場合減磁率が1.5%以上になって出力確保が困難であったのに対して、 L_a/L_g を2.0以下に設定することにより減磁率が1.5%より小さくなり、実用的に必要な減磁率を確保することができる。また、 L_a を $0.3L_g$ より大きくしているため、ティース4、4間での漏れ磁束が大きくなり過ぎるということではなく、かつ分割コア3の成形誤差によってティース端縁同士が干渉してステータ1を精度良く組立てることができないというようなこともない。

【0025】また、ロータ2の永久磁石6がフェライト磁石から成っているため、希土類磁石に比して安価に構成でき、しかも減磁し易いという性質があっても上記のように減磁耐力を向上できる。また、ステータ1を分割コア3にて構成すると、各分割コア3毎に独立して効率的に巻線してステータ1を組み立てることができ、ステータ1の生産性が著しく向上し、大幅にコスト低下を図ることができる。

【0026】（第2の実施形態）次に、本発明の永久磁石同期電動機の第2の実施形態を図3、図4を参照して説明する。なお、上記第1の実施形態と同一の構成要素については説明を省略し、相違点のみを説明する。以下の実施形態についても同様である。

【0027】図3において、ステータ1のティース4、4間の間隔を L_a 、ステータ1のティース4の端部厚みを L_b 、ステータ1とロータ2間のエアギャップ8の大きさを L_g として、 $0.3L_g < L_a \leq 2.0L_g$ 、 $2L_g < L_b < 5L_g$ に設定している。

【0028】このように、上記第1の実施形態に加えて、ステータ1のティース4の端部厚み L_b を、ステータ1とロータ2間のエアギャップ L_g の2倍より大きくすることにより、減磁磁束がロータ側に流れるのを一層抑制することができ、減磁耐力を向上することができる。また、 L_b を $5L_g$ より小さくしているため、ティース4、4間で短絡する漏れ磁束が大きくなり過ぎてモータ出力が低下するというようなこともない。

【0029】図4(a)、(b)に L_a/L_g が1の場合の L_b/L_g と減磁率及びトルク比を示す。図4

(a)に示すように L_b/L_g が大きい程減磁率が小さくなるが、大きくすると図4(b)に示すように漏れ磁束が増えてトルクが減少する。そこで、 L_b/L_g を2より大きくすることにより減磁率を低くし、かつ L_b/L_g を5より小さくすることによりトルク低下を防止することができる。

【0030】なお、ステータ1のティース4の端部厚み L_b を上記のように厚くするだけでも効果が発揮される。

【0031】（第3の実施形態）次に、本発明の永久磁石同期電動機の第3の実施形態を図5を参照して説明する。

【0032】図5において、上記図3に示した第2の実

施形態の構成に付加して、ステータ1の隣接するティース4、4の対向する両端部において、ロータ2側の側縁部に切除部9を設けている（ティース4の端とロータ2間の間隔をLcで示す。）。

【0033】ステータ1のティース4の一方の端部、すなわち隣接するティース4、4の対向端部の内、ロータ2の回転方向下手側の端部のみに切除部9を設けてもよい。

【0034】このように切除部9を設けることによって、ティース4の端部におけるエアギャップを大きくできて減磁磁束がロータ側に流れるのを抑制でき、同様の作用が得られる。

【0035】さらに、本実施形態では、ロータ2側の側縁部を切除したティース4の端部において、ロータ側とは反対側の側縁部を突出させ、ティース4の端部厚みを確保している。これによって、さらに漏れ磁束がロータ側に流れるのを抑制でき、減磁耐力をより向上することができる。

【0036】なお、ステータ1のティース4の端部に切除部9を設けるだけでも、効果が発揮される。

【0037】（第4の実施形態）次に、本発明の永久磁石同期電動機の第4の実施形態を図6、図7を参照して説明する。上記第1～第3の実施形態では、ステータ1のティース4の形状の工夫によって減磁磁束がロータ2側に流れるのを抑制した例を示したが、以下の実施形態ではロータ2側を通る減磁磁束が永久磁石6を通らないようにして減磁耐力の向上を図ったものである。

【0038】図6において、各永久磁石6の周方向両端外周部に切除部11が形成されている。この切除部11の形成範囲は、図6（b）に示すように、ロータ中心での開き角 A_m が、ステータ1のティース4の開き角 A_s に対して、 $(1/10)A_s < A_m < (1/4)A_s$ に設定されている。

【0039】このように、永久磁石6の両端部に切除部11を設けることにより、図7に示すように、隣接するティース4の端部間にロータ2側に向けて突出する減磁界12が発生しても、その減磁界12が切除部11を通ることになるため、永久磁石6を減磁させるように作用せず、永久磁石6の減磁耐力の向上を図ることができる。ここで、 A_m が $(1/10)A_s$ より小さいと、上記効果が有効に得られず、 A_m が $(1/4)A_s$ より大きくなると、モータ出力が低下したり、コギングトルクが大きくなったりする。

【0040】（第5の実施形態）次に、本発明の永久磁石同期電動機の第5の実施形態を図8を参照して説明する。第4の実施形態では、永久磁石6のロータ径方向内側面がロータ2の軸心を中心とする円弧面で、永久磁石6の厚さが一定のものを示したが、本実施形態での永久磁石6の径方向内側面を平面13にて構成している。本実施形態によれば、永久磁石6の周方向中央部の厚みが

大きくなるので、中央部での減磁耐力が向上する。

【0041】（第6の実施形態）次に、本発明の永久磁石同期電動機の第6の実施形態を図9を参照して説明する。上記第4、第5の実施形態ではロータコア5の外周面に永久磁石6を取付けてロータ2を構成したものを例示したが、本実施形態を含めて以下の実施形態では、永久磁石6をロータコア5に埋め込んで配置している。

【0042】図9（a）～（c）において、周方向両端外周部に切除部11が形成された永久磁石6がロータコア5の外周部に埋め込み配置され、さらに図9（d）に詳細に示すように、ロータコア5の外周縁部の切除部11に対応する部分に切欠部14が凹入形成されている。図9（a）は永久磁石6のロータ径方向内側面がロータ中心を中心とする円弧面で、永久磁石6の全体的な厚みが一定のものを示す。

【0043】図9（b）では永久磁石6は径方向内側面が平面13から成っており、永久磁石6の周方向中央部の厚みが大きくなっているものを示す。図9（c）では極数が4極のロータ2の例を示し、永久磁石6のロータ径方向内側面はロータ中心を中心とする円弧面であるが、永久磁石6のロータ径方向外側面はロータ中心から径方向外方に偏芯した位置を中心とする突出形円弧面15にて形成してその両側部が径方向に内側に入り込むように構成し、その両側部が切除部11と同様に機能するようにしている。

【0044】本実施形態においては、永久磁石6の両端部に切除部11又は同様に機能する部分を形成しているので、上記第4、第5の実施形態と同様の効果を奏する。また、埋め込み型であるためにロータコア5の外周を円形のままにすると、切除部11又はそれと同様に機能する部分の外周部にロータコア5の強磁性体が存在するため、漏れ磁束がこの部分を通して磁気回路が短絡されることになるが、本実施形態では切欠部14を設けているので、漏れ磁束の短絡を防止してモータ効率の低下を確実に防止できる。

【0045】（第7の実施形態）次に、本発明の永久磁石同期電動機の第7の実施形態を図10～図12を参照して説明する。上記第6の実施形態ではロータコア5の外周部における切除部11に対応する部分に切欠部14を形成した例を示したが、本実施形態では図10（a）～（c）において、ロータコア5の外周は円筒面とし、図10（d）に詳細に示すように、切除部11に対応する部分にスリット16を形成している。このスリット16の内部は空気でもよいが、ロータ2の強度を確保するために樹脂や非磁性体の金属等を充填してもよい。

【0046】図10（a）は永久磁石6のロータ径方向内側面がロータ中心を中心とする円弧面で、永久磁石6の全体的な厚みが一定のものを示す。図10（b）では永久磁石6の径方向内側面が平面13から成って永久磁石6の周方向中央部の厚みが大きくなっているものを示

す。図10(c)では極数が4極のロータ2の例を示し、永久磁石6のロータ径方向外側面をロータ中心から径方向外方に偏芯した位置を中心とする突出形円弧面15にて形成してその両側部が径方向に内側に入り込むように構成し、その両側部が切除部11と同様に機能するようにしている。

【0047】図11では、図10(c)の永久磁石6の径方向内側面を外周面の突出型円弧面15と同一中心の突出形円弧面17にて構成したものを示している。

【0048】本実施形態において、スリット16の開き角 A_m は、図12に示すように、ステータ1のティース4の開き角 A_s に対して、 $(1/10)A_s < A_m < (1/4)A_s$ に設定されている。また、スリット16の存在しない範囲の開き角がステータの開き角 A_s とほぼ等しく、 $(1.0 \sim 1.4)A_s$ となるように設定されている。

【0049】本実施形態においても、切欠部14がスリット16に代わっただけで、図9の第6実施形態と同様の作用効果を奏する。また、そのスリット16の開き角 A_m が $(1/10)A_s$ より小さいと、上記効果が有効に得られず、 A_m が $(1/4)A_s$ より大きくなると、モータ出力が低下したり、コギングトルクが大きくなったりする。

【0050】(第8の実施形態)次に、本発明の永久磁石同期電動機の第8の実施形態を図13～図15を参照して説明する。本実施形態では、図13に示すように、ロータ2に埋め込む永久磁石6として、曲率中心がロータ2の径方向外側に位置する逆円弧形状の永久磁石18を用いている。そして、永久磁石18のロータ2の外周部に臨む端部をロータ外径より適当距離径方向内側に位置させるとともに、ロータコア5のこの端部に対向する部分にスリット16を形成している。

【0051】また、図14に示すように、永久磁石18の端部とロータコア5外周径との間の距離を Q 、ステータ1とロータ2の間のエアギャップ8の大きさを L_g として、 $L_g < Q < 3L_g$ に設定している。 Q が L_g より小さいと、減磁束が永久磁石18に入り込むのを防止する効果が十分に得られず、 Q が $3L_g$ より多くなると、永久磁石18による磁界が弱くなってモータ出力が低下したり、磁界が急変するためコギングトルクが大きくなる。また、スリット16の1つの永久磁石18の端部に対応する部分の幅のロータ中心からの開き角を A_m 、ステータ1のティース4の開き角を A_s として、 $(1/10)A_s < A_m < (1/4)A_s$ に設定している。この場合も、開き角 A_m が $(1/10)A_s$ より小さいと、上記効果が有効に得られず、 A_m が $(1/4)A_s$ より大きくなると、モータ出力が低下したり、コギングトルクが大きくなったりする。

【0052】また、図13、図14の例ではロータコア5の外周部にスリット6を形成した例を示したが、図1

5に示すようにスリット6に代えて切欠部19を形成しても良く、その場合の切欠部19の大きさは上記と同様に設定される。

【0053】上記実施形態以外のその他の永久磁石埋め込み型ロータの実施形態を図16に示す。図16

(a)、(b)は上記第8の実施形態のスリット16の形成幅(開き角)と形状の異なったものである。図16

(c)は永久磁石6が板状磁石6aにて構成されたものである。図16(d)は永久磁石6が径方向に並列配置した多重の逆円弧状永久磁石18a、18bにて構成したものであり、スリット16はそれぞれの逆円弧状永久磁石18a、18bの端部に形成されている。図16

(e)は永久磁石6が径方向内側から外側に向けて八字状の配置した一对の板状磁石6bにて構成したものである。また、図16(f)は永久磁石6として逆円弧状永久磁石18を用いたものにおいて、ロータコア5を各永久磁石18をその外周に配置固定する断面形状星形のロータコア本体5aと、ロータコア本体5aとの間で永久磁石18を挟持するロータコアキャップ5bとから成り、その外周に薄肉円筒7を外嵌して遠心力に対する強度を確保するようにしている。そして、ロータコア本体5aとロータコアキャップ5bの端部間と薄肉円筒7の間にスリット16が形成されている。

【0054】(第9の実施形態)次に、本発明の永久磁石同期電動機の第9の実施形態を図17、18を参照して説明する。本実施形態では、図17の(a)に示すように、ロータ2の各極に埋め込む永久磁石6として、曲率中心がロータ2の径方向外側に位置する逆円弧形状の2層の永久磁石6a、6bを用いている。外周側の永久磁石6aの内外周辺および内周側の永久磁石6bの内外周辺は同心の円周線上に位置している。又両永久磁石6a、6bの両端辺はロータ2の外周に沿い、かつこれに接近した位置にある。

【0055】また図17の(b)に示すように、外周側の永久磁石6aの幅 L_1 は、内周側の永久磁石6bの幅 L_2 より大に形成されている。幅 L_1 が大で減磁耐力の大きな方の永久磁石6aを、ティース4に近く減磁界の影響を大きく受けるロータ2の外周側に配する一方、幅 L_2 が小で減磁耐力の小さな方の永久磁石6bを、ティース4から離れて減磁界の影響を受けることの少ないロータ2の内周側に配することで、2層の永久磁石6a、6bからなる永久磁石6全体としての減磁耐力を高めている。また、ロータ2の内周側に配した永久磁石6bは、その円弧長を大きくとることができるので、マグネットトルクを向上させるのに寄与している。図18は、前記幅 L_1 、 L_2 を種々の割合に設定したときの減磁耐力を示したもので、 $L_1 / (L_1 + L_2)$ が0.55～0.75の範囲にあるとき、良好な減磁耐力を示すことが判明した。なお図18は $L_1 = L_2$ としたときの減磁耐力を1として、これとの比率で減磁耐力を示し

ている。

【0056】第9の実施形態において、図示するものは、逆円弧形状の2層の永久磁石6a、6bで永久磁石6を構成したものであるが、これに限定されず中央部がロータ中心側に突出し、両端部がロータ外周に接近する位置まで延びる複数層の帯状の永久磁石によってロータ2の各極の永久磁石を構成することができ、その際ロータ2の外周側に埋め込まれた永久磁石からその内周側に埋め込まれた永久磁石に向かうにしたがって、順次その幅が減少するように構成されていれよい。

【0057】なお、図17において、1はステータ、3は分割コア、5はロータコアで、これらは第1の実施形態で説明したものと同様に構成されている。

【0058】なお、上記実施形態ではセンサレス駆動の永久磁石同期電動機の場合について説明したが、センサ一式のものでも実施することができ、その場合も同様に減磁を抑えることができる。

【0059】

【発明の効果】本発明の永久磁石同期電動機によれば、以上の説明から明らかなように、集中巻方式のステータを有するセンサレスで電流位相制御を行うように構成した永久磁石同期電動機において、ロータ外周部に配設された永久磁石の周方向両端部における外周を、ロータ外周より径方向内側に入り込んだ凹入形状に形成したので、コイルとロータの磁極が対向するような状態になった場合にステータの隣接するティース端部間からロータ側に向けて減磁界が発生しても、永久磁石に対して減磁界が作用し難いためロータ磁石の減磁耐力の向上を図ることができる。

【0060】その際に、凹入形状部分のロータ中心からの開き角を A_m 、ステータのティースの開き角を A_s として、 A_m を $(1/10)A_s$ より大きくすることで上記効果を発揮でき、また A_m を $(1/4)A_s$ より小さくすることにより永久磁石の発生磁束が利用率低下でモータ出力が低下したり、コギングトルクが大きくなったりするのを抑制できる。

【0061】また、永久磁石のロータ径方向内側面を平面とし、永久磁石の周方向中央部の厚さを大きくすることにより、永久磁石の中央部の減磁耐力をさらに向上することができる。

【0062】また、ロータがロータコアの外周に永久磁石を取付けた表面取付型の場合、永久磁石の周方向両端部を切除した切除部にて凹入形状部を形成することにより、減磁耐力が大きく、かつモータ出力が低下せず、コギングトルクを抑制できる構成を簡単な加工で実現することができる。

【0063】また、ロータがロータコアの外周部に永久磁石を埋め込んだ埋め込み型の場合、ロータコアにおける永久磁石の周方向両端部に対応する外周部に切欠部やスリットを形成することにより、漏れ磁束が強磁性体が

ら成るロータコアの凹入形状部に対応する部分を通して短絡されるのをこれら切欠部やスリットにて防止できてモータ効率の低下を確実に防止できる。

【0064】また、ロータが曲率中心がロータの径方向外側に位置する逆円弧形状の永久磁石をロータコアの外周部に埋め込んだ埋め込み型の場合においても、永久磁石のロータ外周に臨む端部をロータ外径より径方向内側に位置させるとともにロータコアのこの端部に対応する部分に切欠部又はスリットを形成することにより、上記と同様の効果が発揮される。

【0065】その際、永久磁石の端部とロータコア外周径との間の距離を Q 、ステータとロータの間のエアギャップを L_g として、 Q を L_g より大きくすることにより上記効果が確実に得られ、 Q を $3L_g$ より小さくすることにより、永久磁石による磁界が弱くなってモータ出力が低下したり、磁界の急変によりコギングトルクが大きくなるのを防止できる。また、切欠部又はスリットの1つの永久磁石の端部に対応する部分の幅のロータ中心からの開き角を A_m 、ステータのティースの開き角を A_s として、 A_m を $(1/10)A_s$ より大きくすることにより上記効果が確実に得られ、 A_m を $(1/4)A_s$ より小さくすることによりモータ出力が低下したり、コギングトルクが大きくなったりするのを防止できる。

【0066】またロータとして、中央部がロータ中心側に突出し両端部がロータ外周に接近する位置まで延びる複数層の帯状の永久磁石を埋め込んだ埋め込み型のものを用いる場合、ロータの外周側に埋め込まれた永久磁石からその内周側に埋め込まれた永久磁石に向かうにしたがって、順次その幅が減少するように各永久磁石を構成することによって、永久磁石の減磁耐力を向上させることができる。

【0067】また、センサレス駆動の電動機に適用すると、安価な構成でありながら減磁耐力を高めることができるので、特に大きな効果を発揮する。また、以上の永久磁石同期電動機をエアコンや電気冷蔵庫用のコンプレッサの駆動モータに適用することにより、それらの低コスト化を図れて特に大きな効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の永久磁石同期電動機の第1の実施形態を示し、(a)は断面図、(b)は要部の拡大断面図である。

【図2】同実施形態におけるスリット間隔とステータ・ロータ間のエアギャップの比と減磁率の関係を示すグラフである。

【図3】本発明の永久磁石同期電動機の第2の実施形態の要部の拡大断面図である。

【図4】同実施形態におけるティース端部の厚さとステータ・ロータ間のエアギャップの比と減磁率の関係及び同比とトルク比の関係を示すグラフである。

【図5】本発明の永久磁石同期電動機の第3の実施形態

の要部の拡大断面図である。

【図 6】本発明の永久磁石同期電動機の第 4 の実施形態を示し、(a) は断面図、(b) は要部の拡大断面図である。

【図 7】同実施形態の作用説明図である。

【図 8】本発明の永久磁石同期電動機の第 5 の実施形態の断面図である。

【図 9】本発明の永久磁石同期電動機の第 6 の実施形態を示し、(a) ~ (c) はそれぞれ各変形例の断面図、(d) は (a) の要部の拡大断面図である。

【図 10】本発明の永久磁石同期電動機の第 7 の実施形態を示し、(a) ~ (c) はそれぞれ各変形例の断面図、(d) は (a) の要部の拡大断面図である。

【図 11】同実施形態における図 10 (c) の変形例の部分拡大断面図である。

【図 12】同実施形態における作用説明図である。

【図 13】本発明の永久磁石同期電動機の第 8 の実施形態の断面図である。

【図 14】同実施形態における作用説明図である。

【図 15】同実施形態における変形例の作用説明図である。

【図 16】本発明の上記実施形態以外の各種実施形態の断面図である。

【図 17】本発明の永久磁石同期電動機の第 9 の実施形態を示し、(a) は断面図、(b) は要部の拡大断面図

である。

【図 18】同実施形態における 2 層の永久磁石間の幅の割合と減磁耐力との関係を示すグラフである。

【図 19】従来例の永久磁石同期電動機の構成を示し、(a) はその断面図、(b) はその分割コアの斜視図である。

【図 20】従来例におけるコイル結線図である。

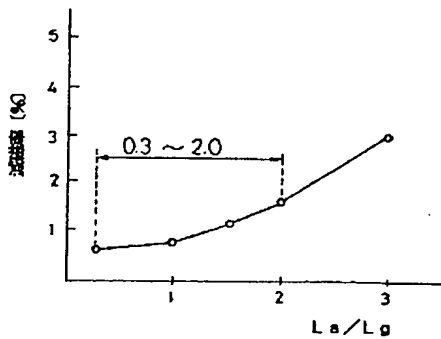
【図 21】従来例における要部の拡大断面図である。

【図 22】従来例における減磁作用の説明図である。

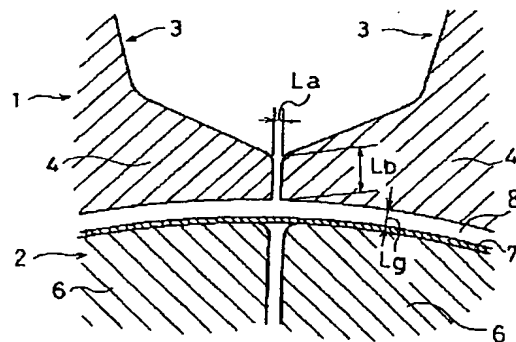
【符号の説明】

- 1 ステータ
- 2 ロータ
- 4 ティース
- 5 ロータコア
- 6 永久磁石
- 6 a 永久磁石
- 6 b 永久磁石
- 8 エアギャップ
- 11 切除部
- 13 平面
- 14 切欠部
- 15 突出形円弧面
- 16 スリット
- 18 逆円弧状永久磁石
- 19 切欠部

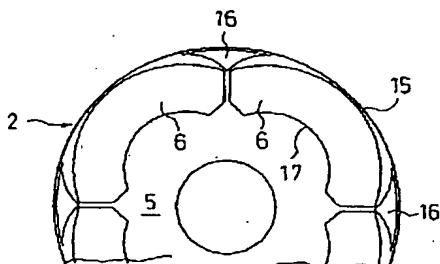
【図 2】



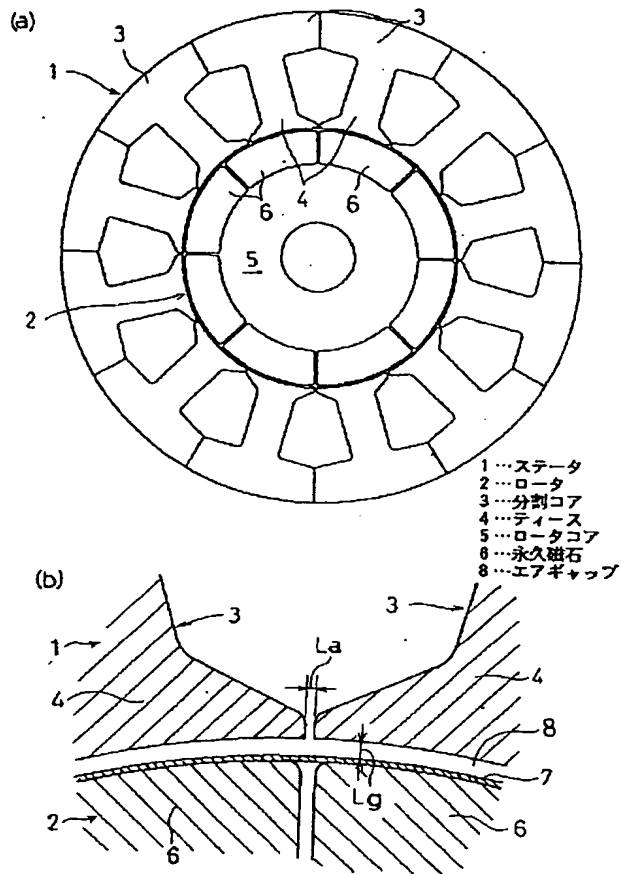
【図 3】



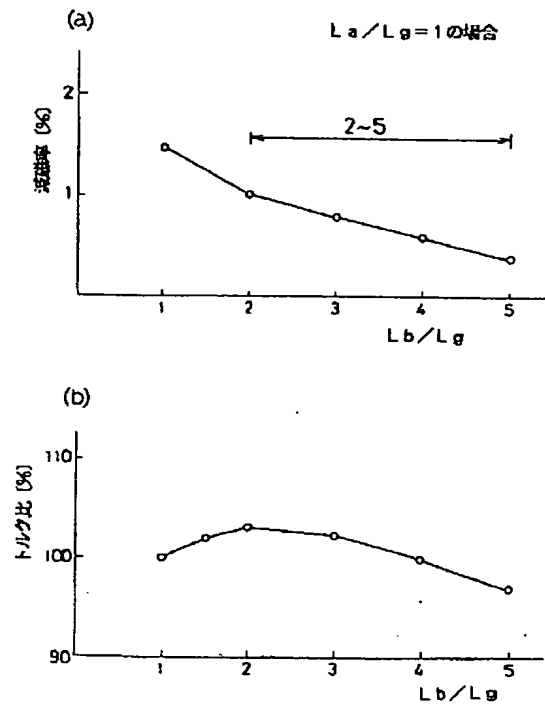
【図 11】



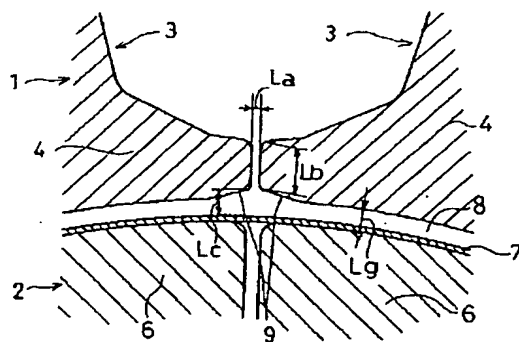
【図 1】



【図 4】

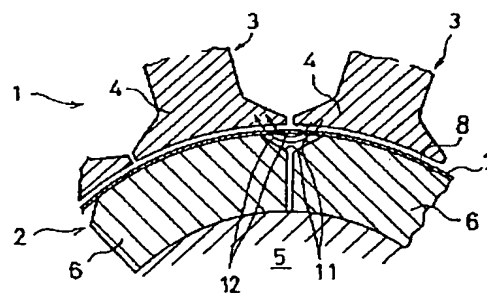


【図 5】

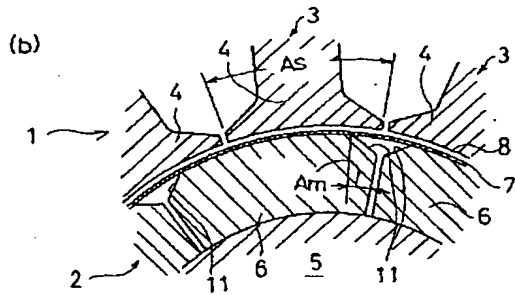
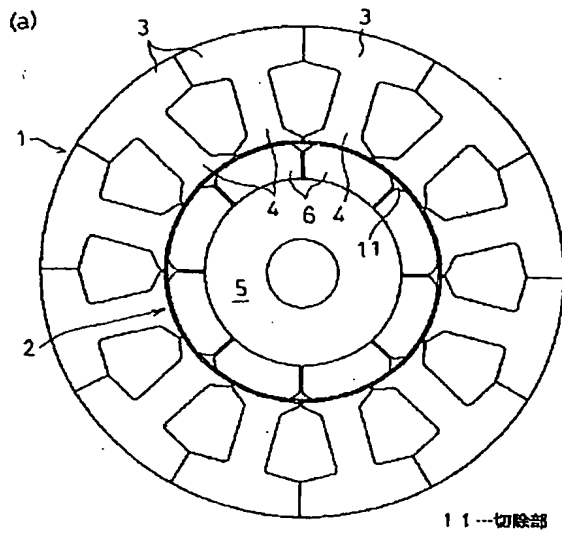


9...切除部

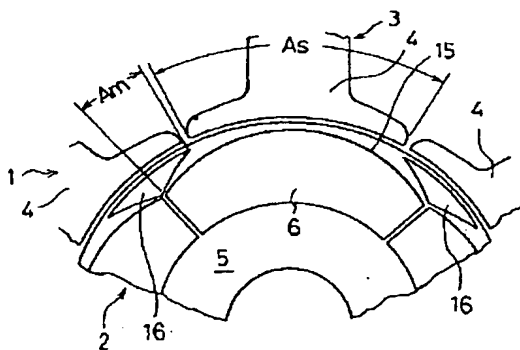
【図 7】



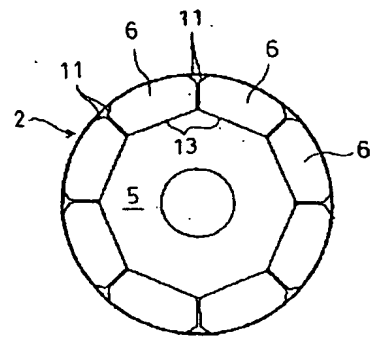
【図 6】



【図 12】

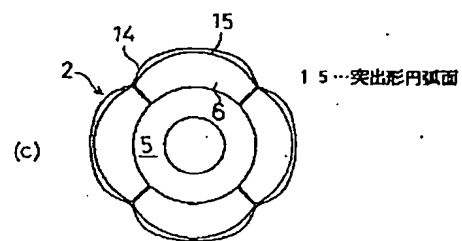
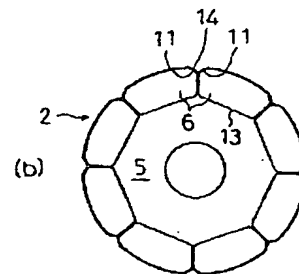
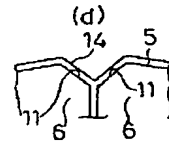
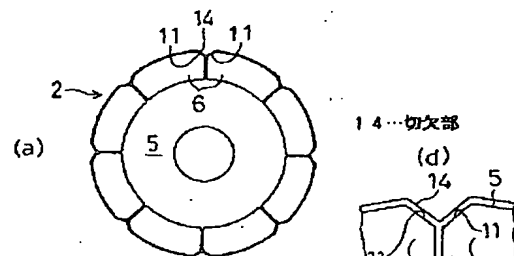


【図 8】

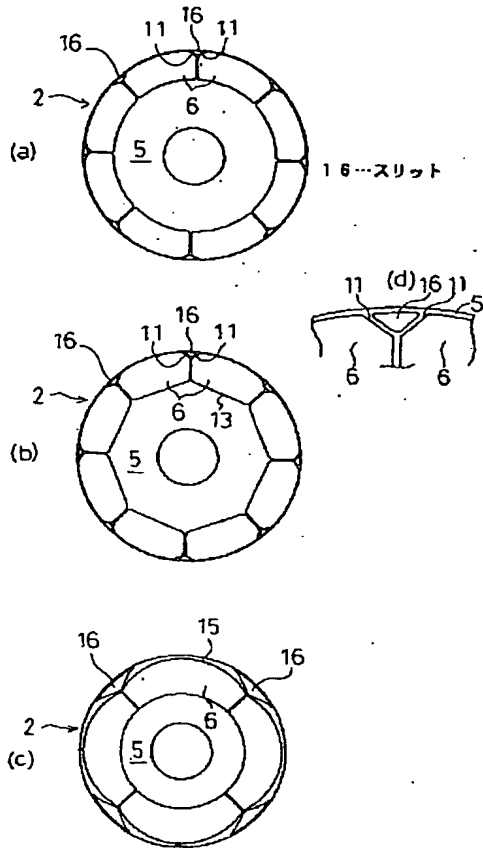


13...平面

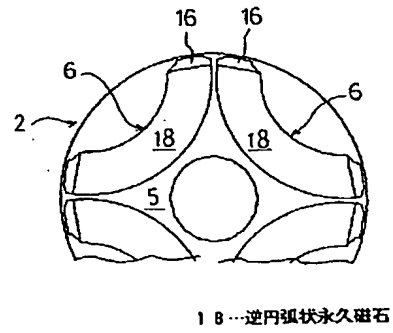
【図 9】



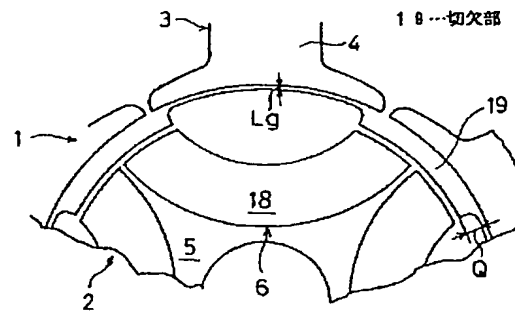
【図 10】



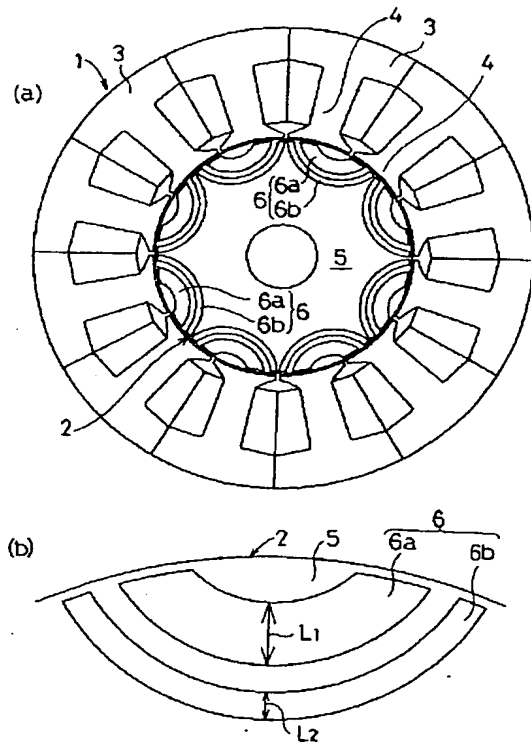
【図 13】



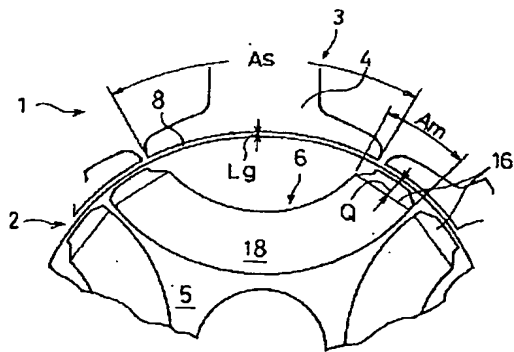
【図 15】



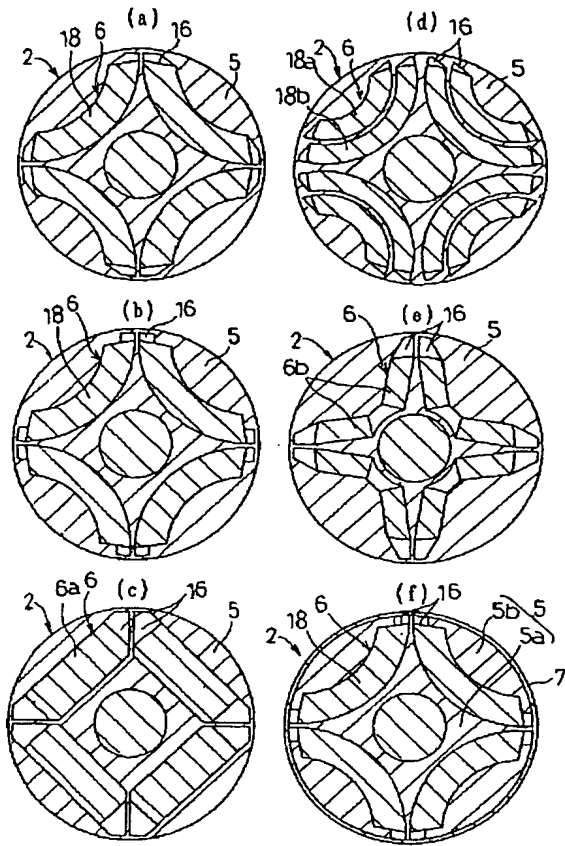
【図 17】



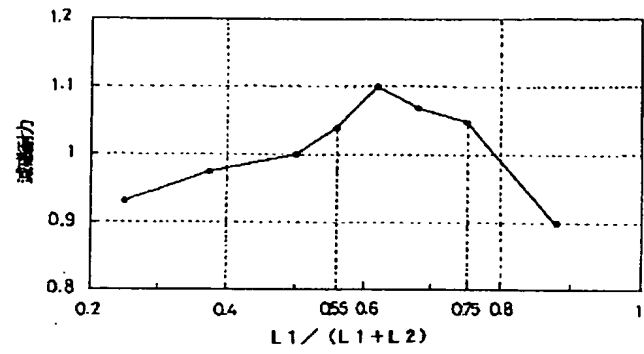
【図 14】



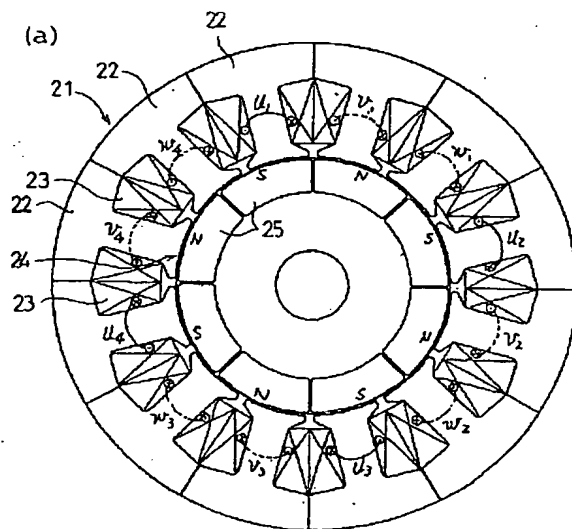
【図 16】



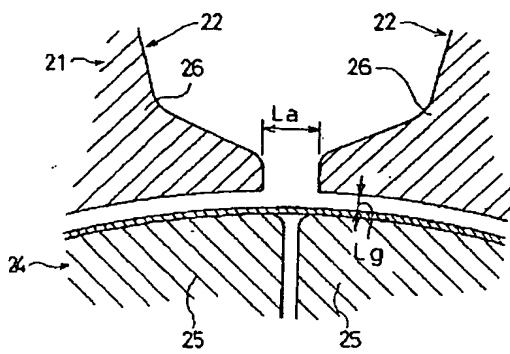
【図 18】



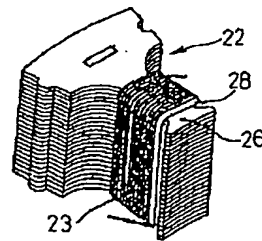
【図 19】



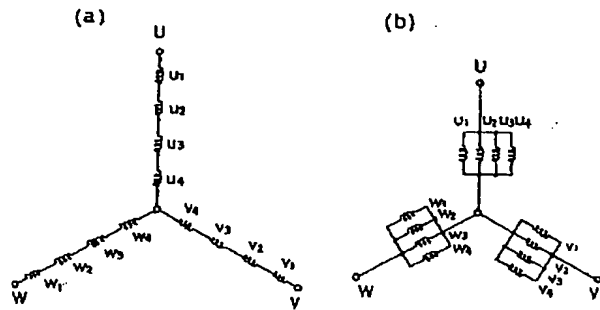
【図 21】



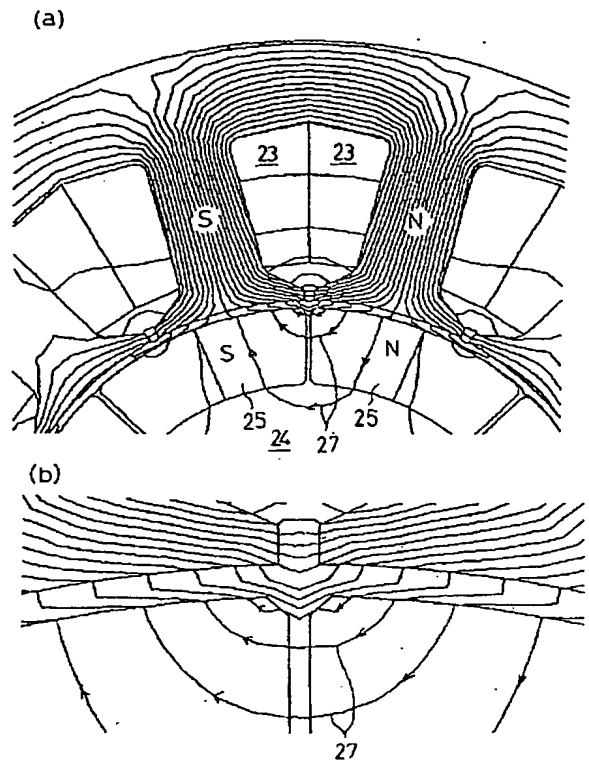
(b)



【図 2 0】



【図 2 2】



フロントページの続き

(72)発明者 浅野 能成
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内
(72)発明者 和田 幸利
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 広瀬 秀雄
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内
(72)発明者 松下 泰明
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内